

Prüfung von Schaumstoffen

Bestimmung des dynamischen Elastizitätsmoduls
und des Verlustfaktors nach dem VibrometerverfahrenDIN
53 426Testing of cellular plastics; determination of the dynamic modulus of
elasticity and the loss factor, vibrometer method

Sep. 1980

Zurück ohne Ersatz

1. Zweck und Anwendung

Das Vibrometerverfahren nach dieser Norm dient dazu, den dynamischen Elastizitätsmodul E' und den Verlustfaktor d von Schaumstoffen bei Dehnschwingungen mit etwa 10 bis 200 Hz bei geringer Deformation zu messen. Das Verfahren gibt Aufklärung über das elastische Verhalten von Schaumstoffen. Es ist bevorzugt für die Beurteilung von weich-elastischen bis zäh-harten Schaumstoffen anwendbar¹⁾.

Aus der Kenntnis des dynamischen Elastizitätsmoduls und des Verlustfaktors kann auf die Eignung des geprüften Schaumstoffes für bestimmte technische Anwendungen geschlossen werden.

2. Begriffe

2.1. Komplexer Elastizitätsmodul

Bei sinusförmiger Schwingungsbeanspruchung visko-elastischer Stoffe tritt eine Phasenverschiebung zwischen der Spannung σ und der Dehnung ε auf, und der Elastizitätsmodul läßt sich nur noch als komplexe Größe darstellen:

$$\begin{aligned}\sigma &= E \varepsilon \\ \underline{E} &= |\underline{E}| e^{j\delta} = E' + j E'' = E' (1 + j d) \\ |\underline{E}| &= \sqrt{E'^2 + E''^2} \\ d &= \frac{E''}{E'} = \tan \delta\end{aligned}$$

Die Bestimmungsgrößen E' , E'' , $|\underline{E}|$, δ und d kennzeichnen das lineare visko-elastische Verhalten. Sie hängen im allgemeinen von der Frequenz ab.

2.2. Dynamischer Elastizitätsmodul

Der Realteil E' des komplexen Moduls \underline{E} ist ein Maß für die wiedergewinnbare Energie, die beim Verformungswechsel während einer Schwingung gespeichert wird. Er wird als „dynamischer Elastizitätsmodul“ oder auch als „Speichermodule“ bezeichnet.

2.3. Verlustmodul

Der Imaginärteil E'' des komplexen Moduls wird als „Verlustmodul“ bezeichnet. Er ist ein Maß für die bei einer Schwingung nicht wiedergewinnbar in Reibungswärme umgewandelte Energie.

¹⁾ Begriffe Schaumstoff, zäh-hart und weich-elastisch siehe DIN 7726 Blatt 1

2.4. Mechanischer Verlustfaktor

Der Quotient aus Imaginärteil E'' und Realteil E' ist gleich dem Tangens des Phasenwinkels δ des komplexen Moduls und wird als Verlustfaktor d bezeichnet. Er ist ein Relativmaß für den Energieverlust bei der Schwingung im Vergleich zur wiedergewinnbaren Energie.

2.5. Absoluter Modul

Der Betrag $|\underline{E}|$ des komplexen Moduls wird als absoluter Modul bezeichnet. Er ist gleich dem Quotienten der Amplituden (Scheitelwerte) der Spannung und der Dehnung. Bei genügend geringer Dämpfung (kleinem Verlustfaktor d) ist der Betrag $|\underline{E}| = E$ dem Realteil E' annähernd gleich.

3. Probekörper

3.1. Form

Die Probekörper sind zylindrisch. Es ist darauf zu achten, daß ihre Achse auf der Grundfläche senkrecht steht.

3.2. Herstellung

Die Probekörper werden mit einem Schneidgerät aus dem zu prüfenden Schaumstoff herausgeschnitten. Sie müssen allseitig frei von einer eventuell bei der Herstellung des Schaumstoffes entstandenen Haut sein.

3.3. Abmessungen

Der Durchmesser des Probekörpers soll größer sein als das 25fache des größten Zellendurchmessers¹⁾ des Schaumstoffes. Die Höhe h soll ungefähr gleich oder größer als der Durchmesser D sein²⁾. Der Durchmesser ist über die gesamte Höhe auf ± 1 mm einzuhalten.

¹⁾ Oberst, H.: „Elastische und viskose Eigenschaften von Werkstoffen“, Berlin — Köln — Frankfurt (M) 1963, Beuth-Vertrieb 3.1, S. 39 und 40

²⁾ In der Regel verwendet man bei Polyurethan-Schaumstoffen Probekörper von 30 bis 50 mm Durchmesser, bei Polystyrol-Schaumstoffen Probekörper bis 80 mm Durchmesser.

Bei Polystyrol-Schaumstoffen aus vorgeschäumten Teilchen ist sinngemäß der Durchmesser dieser Teilchen zu verstehen.

³⁾ Für Werte $(D/h) > 1$ führt die Behinderung der Querkontraktion in der Nähe der Probestirnflächen zu einer merklichen Abhängigkeit des nach der Formel in Abschnitt 8.1 berechneten Kennwertes E' von der Probenform.

Fortsetzung Seite 2
Erläuterungen Seite 3

Fachnormenausschuß Kunststoffe (FNK) im Deutschen Normenausschuß (DNA)
Fachnormenausschuß Kautschukindustrie im DNA
Fachnormenausschuß Materialprüfung im DNA

Seite 2 DIN 53 426

4. Anzahl der Probekörper

Es werden mindestens 5 Probekörper aus der gleichen Schaumstoffprobe geprüft.

5. Vorbehandlung der Probekörper und Prüftemperatur

Die Probekörper werden vor der Prüfung 48 Stunden lang im Normalklima 20/65 DIN 50 014⁵⁾ gelagert. Sofern vereinbart ist, daß die Prüfung bei von Raumtemperatur (siehe DIN 50 014) abweichenden Temperaturen erfolgen soll, müssen die Vorbehandlung und die Bedingungen während der Prüfung den vereinbarten Temperaturen entsprechen. Feuchte Probekörper werden vor der Vorbehandlung bei 40 °C im Wärmeschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

6. Prüfeinrichtung

Zwei Massen m_1 und m_2 bilden zusammen mit dem Probekörper, der bei genügend tiefen Frequenzen als gedämpfte Feder wirkt, ein Masse-Feder-System. Die Resonanz dieses Systems wird zur Bestimmung der in Abschnitt 2.1 angegebenen Größen benutzt.

Hierzu wird das System, das mit dünnen Bändern in einem schweren Metallklotz aufgehängt ist, mit einem Niederfrequenzgenerator an der Masse m_1 elektrodynamisch zu Schwingungen in axialer Richtung angeregt.

An der Masse m_2 befindet sich ein Schwingungsaufnehmer, dessen Spannung einem Anzeigegerät (z. B. Röhrenvoltmeter) zugeführt wird.

An dem aus m_1 , m_2 und dem Probekörper gebildeten Masse-Feder-System wird die Kennfrequenz (Resonanzfrequenz) f_0 bzw. die Resonanzkurve ermittelt. Aus f_0 und der Halbwertsbreite Δf (siehe DIN 1311 Blatt 2) der Resonanzkurve können dann E' und d errechnet werden.

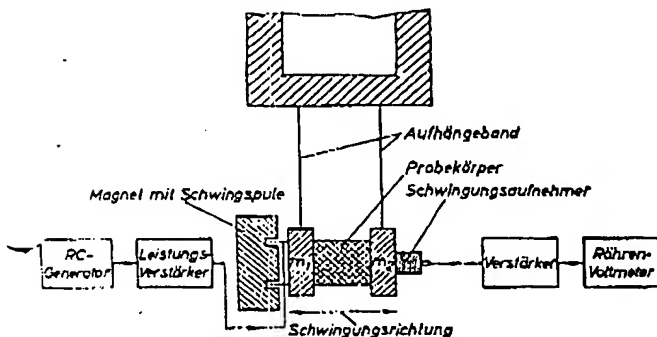


Bild. Prüfeinrichtung (Ausführungsbeispiel)

Die Masse m_1 wird möglichst groß gewählt, um Rückwirkungen des in Resonanz schwingenden Masse-Feder-Systems auf das dynamische Erreger-System möglichst zu vermeiden. Verliert wird lediglich die Masse m_2 .

Zur Messung werden auf die beiden Endflächen des Probekörpers dünne Aluminiumscheiben geklebt und der Probekörper zwischen m_1 und m_2 eingebaut.

7. Durchführung

7.1. Nach der Vorbehandlung nach Abschnitt 5 werden Durchmesser und Höhe des Probekörpers auf 0,1 mm gemessen. Der Probekörper darf dabei — insbesondere bei sprödharten Schaumstoffen geringer Rohdichte — nicht verformt oder beschädigt werden.

7.2. Der Probekörper wird so eingebaut, daß nach seiner Justierung keinerlei Belastung in ihm auftritt.

7.3. Nach Erregen des Masse-Feder-Systems zu Dehnschwingungen wird die Resonanz mit Hilfe des Anzeigelinstrumentes gesucht und die Resonanzfrequenz gemessen. Zur Bestimmung des mechanischen Verlustfaktors wird die Halbwertsbreite der Resonanzkurve ermittelt.

8. Auswertung

8.1. Dynamischer Elastizitätsmodul

Der dynamische Elastizitätsmodul des zylindrischen Probekörpers ist bei genügend kleiner Dämpfung ($d \leq 0,3$)

$$E' = \frac{16 \cdot \pi \cdot h \cdot m \cdot f_0^2}{D^2}$$

Hierbei bedeuten:

E' dynamischer Elastizitätsmodul (z. B. in dyn/cm²)

f_0 Kennfrequenz der Schwingungen (Resonanzfrequenz) in Hz (= s⁻¹)

D Durchmesser der Probe (z. B. in cm)

h Höhe der Probe (z. B. in cm)

m reduzierte Masse (z. B. in g) $\left(\frac{1}{m} = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}\right)$

8.2. Mechanischer Verlustfaktor

Der mechanische Verlustfaktor d ergibt sich aus dem Verhältnis der Halbwertsbreite Δf zur Resonanzfrequenz f_0

$$d = \frac{\Delta f}{f_0}$$

9. Prüfbericht

Im Prüfbericht sind unter Hinweis auf diese Norm anzugeben:

Art des Schaumstoffes, Kennzeichnung und Lieferform des Erzeugnisses

Form und Abmessungen der Probekörper und gegebenenfalls Entnahmestellen der Probekörper im Erzeugnis

Prüfklima

Dynamischer Elastizitätsmodul E'

Resonanzfrequenz in Hz gegebenenfalls Resonanzkurve

Mechanischer Verlustfaktor d

Von dieser Norm abweichende Bedingungen

Prüfdatum.

⁵⁾ Eine Abweichung der relativen Luftfeuchte von $\pm 5\%$ ist zulässig. Sobald DIN 50 020 (z. Z. noch Entwurf) als Norm vorliegt, gelten die darin gemachten Angaben hinsichtlich des Normalklimas 23/50 (d. h. Temperatur 23 °C \pm 2 grad; relative Luftfeuchte (50 \pm 5) %).

Erläuterungen

Welche Schaumstoffe können als Absorber für Luftschall, Körperschall und bei der Entdröhnung zur Dämpfung von Biegewellen Verwendung finden.

Für solche Anwendungszwecke ist die Kenntnis des dynamischen Elastizitätsmoduls sowie des mechanischen Verlustfaktors wünschenswert, woraus Rückschlüsse auf die Eignung des Schaumstoffes für die vorgesehene Anwendung gezogen werden können.

Bei dem Verfahren nach DIN 52 214 „Bestimmung der dynamischen Steifigkeit von Dämmschichten für schwimmende Estriche“ geht außer der Materialsteifigkeit die dynamische Kontaktsteifigkeit ein, während bei dem vorliegenden Verfahren ausschließlich die Materialsteifigkeit bestimmt wird. Somit ist man durch Anwendung beider Verfahren in der Lage, Aussagen über die Kontaktsteifigkeit zu machen.

Das Vibrometerverfahren schließt sich hinsichtlich seines Frequenzbereiches von 10 bis 200 Hz (bei härteren Materialien bis zu 1000 Hz) an das für Schaumstoffe noch nicht genormte Biegependelverfahren⁴⁾ mit einem Bereich von etwa 0,1 bis 10 Hz an.

Im einzelnen ist zum Vibrometerverfahren noch folgendes zu bemerken:

Zu Abschnitt 3.2:

Als Schneidgerät zur Herstellung der Proben hat sich ein solches mit kreisförmiger Klinge bewährt, die in einer dafür vorgesehenen Halterung eingesetzt wird. Es muß darauf geachtet werden, daß beim Schnitt eine saubere Schneidkante entsteht. Ausstanzen der Probekörper führt, wie es sich gezeigt hat, bei fast allen Schaumstoffen durch Störungen im Gefüge der Schnittzonen zu unbrauchbaren Ergebnissen.

Zu Abschnitt 3.3:

Die in Fußnote 3 angegebenen Probekörper-Durchmesser haben sich auf Grund bisheriger Versuche in zweierlei Hinsicht als günstig erwiesen. Einmal läßt sich unter Zuhilfenahme einer Masse m_2 von 50 g bei einer Resonanzfrequenz von 10 Hz ein dynamischer Elastizitätsmodul $E' = 10\,000$ dyn/cm² erfassen (bei sehr weichen Latex- oder Polyätherschäumen liegen die dynamischen Moduln um den 5fachen Wert höher). Andererseits soll im Hinblick auf die Verklebung der Proben das Verhältnis $\frac{h}{D}$ nicht zu klein gewählt werden, da die Bestimmungsgleichung für den dynamischen Elastizi-

itätsmodul nur unter der Voraussetzung einer ungehemmten Querkontraktion des Probekörpers gilt. Ein zu großes Verhältnis $\frac{h}{D}$ ist besonders bei weichen Schäumen aus Stabilitätsgründen nicht möglich.

Zu Abschnitt 6:

Durch Veränderung der Masse m_2 läßt sich der dynamische Elastizitätsmodul in Abhängigkeit von der Frequenz bestimmen. Dies geschieht durch Wahl verschiedener Probekörperabmessungen und Belastungsscheiben m_2 .

Zur Berechnung der reduzierten Masse m aus den Massen m_1 und m_2 ist in m_1 außer der zylindrischen Masse noch diejenige der Aufhängebänder und einer als Probenträger dienenden Aluminiumscheibe enthalten. In m_2 außer der Belastungsscheibe die Massen der zweiten Aluminiumscheibe, des Aufhängebandes und des Schwingungsaufnehmers.

Nach den bisher durchgeführten Untersuchungen an Schaumstoffen kann der gemessene dynamische Elastizitätsmodul vom Schwingstrom und damit von der Schwingungsamplitude abhängig sein.

Bei genügend kleinen Amplituden (linearer Bereich) beobachtet man keine Abhängigkeit der Meßwerte von der Amplitude. Es ist daher auf eine hinreichend kleine Schwingungsamplitude zu achten.

Zu Abschnitt 7.2:

Als Kleber sind nur Erzeugnisse brauchbar, welche die zu prüfenden Schaumstoffproben nicht auflösen. Der Kleberaufstrich soll dünn und gleichmäßig auf die Proben aufgetragen werden.

Zu Abschnitt 7.3:

Der nach dem Vibrometerverfahren gemessene dynamische Elastizitätsmodul ist ohne Vorkraft ermittelt.

Für Dämmschichten aus Schaumkunststoffen nach DIN 18 164 „Schaumkunststoffe als Dämmstoffe für den Hochbau; Abmessungen, Eigenschaften, Prüfung“, die für schwimmende Estriche verwendet werden, ist die dynamische Steifigkeit nach DIN 52 214 „Bauakustische Prüfungen; Bestimmung der dynamischen Steifigkeit von Dämmschichten für schwimmende Estriche“ (Entwurf Oktober 1964) zu bestimmen.

⁴⁾ Becker, G. W.: Über das dynamisch-elastische Verhalten geschäumter Stoffe. „Acustica“ Bd. 9 (1959), S. 135

	Testing of cellular plastics Determination of the dynamic modulus of elasticity and the loss factor, vibrometer method	DIN 53426
Testing of cellular plastics; determination of the dynamic modulus of elasticity and the loss factor, vibrometer method	<div>1. Purpose and Application</div> <p>The vibrometer method according to this standard serves to measure the dynamic elasticity modulus E' and the loss factor d of foams with alternating strains of approximately 10 to 200 Hz with low deformation. The method provides information on the elastic behaviour of foams. It is preferentially used for the assessment of flexible foamed plastics up to tough-rigid foams ¹⁾. From the knowledge of the dynamic elasticity modulus and the loss factor, the aptitude of the tested foam for certain technical applications can be concluded.</p> <div>2. Terms</div> <div>2.1 Complex elasticity modulus</div> <p>A sinusoidal vibration stress of viscoelastic materials causes a phase displacement between the stress δ and the elongation ϵ ²⁾, and the elasticity modulus can only be shown as complex quantity:</p> $\delta = \underline{E} \epsilon$ $E = \underline{E} e^{j\delta} = E' + jE'' = E' (1 + jd)$ $ \underline{E} = \sqrt{E'^2 + E''^2}$ $d = \frac{E''}{E'} = \tan \delta$ <p>The determinants E', E'', \underline{E}, δ and d characterize the linear viscoelastic behaviour. In general, they depend on the frequency.</p> <div>2.2 Dynamic elasticity modulus</div> <p>The real part E' of the complex modulus \underline{E} is a unit of measurement for the energy that can be regained and that is stored during the deformation alternation during a vibration. It is called "dynamic elasticity modulus" or "storage modulus".</p>	<div>2.3 Loss modulus</div> <p>The imaginary part E'' of the complex modulus is called "loss modulus". It is a unit of measurement for the energy that, during a vibration, is converted into frictional heat, but that cannot be regained. ¹⁾ terms foam, tough-rigid and flexible foamed plastics see DIN 7726 sheet 1</p> <div>2.4 Mechanical loss factor</div> <p>The quotient from imaginary part E'' and real part E' equals the tangent of the phase angle δ of the complex modulus and is called loss factor d. It is a relative measure for the loss of energy during the vibration compared to energy that can be regained.</p> <div>2.5 Absolute modulus</div> <p>The amount \underline{E} of the complex is called absolute modulus. It equals the quotient of the amplitudes (peak values) of stress and elongation. A sufficiently low damping (small loss factor d) provided, then the amount $\underline{E} = E$ equals approximately the real part E'.</p> <div>3. Test pieces</div> <div>3.1 Shape</div> <p>The test pieces are cylindrical. It has to be made sure that their axis is in vertical position on the surface area.</p> <div>3.2 Manufacture</div> <p>The test pieces are cut out by means of a cutting equipment of the foam to be tested. They have to be free on all sides of a skin that may have occurred during the manufacture of the foam.</p> <div>3.3 Dimensions</div> <p>The diameter of the test piece has to be bigger than 25 times the biggest cell diameter²⁾ of the foam. The height h has to equal approximately or has to be bigger</p>

than the diameter D^4). The diameter has to be kept all across the complete height with a tolerance of ± 1 mm.

²⁾ Oberst, H.: "Elastic and viscous properties of materials", Berlin – Köln – Frankfurt (M) 1963, Beuth Vertrieb 3.1, page 39 and 40

³⁾ As a rule, test pieces of 30 up to 50 mm diameter are used in case of polyurethane foams, test pieces of up to 80 mm diameter are used in case of polystyrene foams.

As far as polystyrene foams of pre-foamed particles are concerned, the diameter is to be understood analogously.

⁴⁾ Regarding values $(D/h) > 1$, the impediment of the transversal contraction near to the test pieces' faces leads to a noticeable dependence of the characteristic value E' on the test piece mold calculated according to the formula in section 8.1.

4. Number of test pieces

At least 5 test pieces of the same foam sample are tested.

5. Pre-treatment of the test pieces and test temperature

The test pieces are stored for 48 hours under standard conditioning atmosphere 20/65 DIN 50 014 ⁵⁾. In case it has been agreed that the test has to be carried out at temperatures deviating from room temperature (see DIN 50 014), the pre-treatment and the conditions during the test have to comply with the agreed temperatures. Humid test pieces are dried before the pre-treatment at 40° C in the drying oven up to the constant weight is achieved.

6. Testing device

Two masses m_1 and m_2 form together with the test piece, which is acting as a damped spring with sufficiently low frequencies, a mass spring system. The resonance of this system is used to determine the quantities as indicated in section 2.1.

To this end, the system, which is fixed with thin fastening straps in a heavy metallic

block, is stimulated electro dynamically to vibrations in axial direction by means of a low-frequency generator at the mass m_1 . At the mass m_2 , a vibration pick-up is fixed, the stress of which is supplied to an indicator (e.g. tube voltmeter).

The characteristic frequency (frequency of resonance) f_0 and the resonance curve are determined by means of the mass spring system that is formed by m_1 , m_2 and the test piece. f_0 and the full width at half maximum Δf (see DIN 1311, page 2) of the resonance curve help to calculate E' and d .

The mass m_1 is chosen as big as possible in order to avoid, if possible, reactions of the mass spring system, vibrating in resonance, on the dynamic exciter system. Just mass m_2 is varied.

To carry out the measurement, thin aluminium discs are stuck to the two end faces of the test piece and the test piece is installed between m_1 and m_2 .

7. Implementation

7.1 After the pre-treatment according to section 5 is finished, diameter and height of the test piece are measured with an accuracy of 0.1 mm. During this process, it is not allowed to deform or to damage the test piece – particularly in case of hard and brittle foams with a low density.

7.2 The test piece is installed in such a way that after its adjustment, no strain will appear within the test piece.

7.3 After exciting the mass spring system to start alternating strains, the resonance is searched for by means of the indicator and the frequency of resonance is measured. The full width at half maximum of the resonance curve is determined to fix the mechanical loss factor.

8. Evaluation

8.1 Dynamic modulus of elasticity

The dynamic modulus of elasticity of the cylindrical test piece is with a sufficiently low damping ($d \leq 0.3$)

$$E' = \frac{16 \times \pi \times h \times m \times f^2 / 0}{D^2}$$

Key:

E' dynamic modulus of elasticity
(dyn/cm², e.g.)

f₀ characteristic frequency of vibrations
(frequency of resonance) in Hz (= s⁻¹)

D diameter of the test piece (in cm, e.g.)

h height of the test piece (in cm, e.g.)

m normalized mass (in g, e.g.)

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}$$

8.2 Mechanical loss factor

The mechanical loss factor d is the result of the ratio of the full width at half maximum Δf to the frequency of resonance f₀

$$d = \frac{\Delta f}{f_0}$$

9. Test report

Referring to this standard, the test report has to indicate the following:

Kind of foam, identification and type of delivery of the product

Shape and sizes of the test pieces and, if necessary, the places where the test pieces have been taken from in the product

Test atmosphere

Dynamic modulus of elasticity E'

Frequency of resonance in Hz, if necessary, resonance curve

Mechanical loss factor d

Conditions deviating from this standard

Test date.

⁵⁾ A deviation of the relative humidity of the air of ± 5 % is tolerable. As soon as DIN 50 020 (at present still in the planning stage) is finished as standard, the requirements specified herein regarding the standard conditioning atmosphere 23/50 are effective (i.e. temperature of 23° C ± 2 degrees; relative humidity of the air (50 ± 5) %).

Notes

Which foams can be used as an absorber for airborne sounds, impact sounds and for the sound absorption to dampen bending waves.

For such fields of application, the knowledge of the dynamic modulus of elasticity and the mechanical loss factor is desirable from which conclusions regarding the suitability of the foam for the intended application can be drawn.

The method acc. to DIN standard 52 214 "Determination of the dynamic stiffness of insulating layers for floating floors" includes apart from the material stiffness also the dynamic contact stiffness, whereas the method at hand only determines the material stiffness. Thus, the application of both methods allows information to be provided on the contact stiffness.

The vibrometer method follows regarding its frequency range from 10 to 200 Hz (in case of harder materials up to 1000 Hz) the flexural pendulum method⁶⁾ which has not yet been standardized for foams in a range from about 0.1 to 10 Hz.

In particular, the following information needs to be provided as far as the vibrometer method is concerned:

Regarding Section 3.2:

The use of a cutting device provided with a circular blade inserted in a corresponding holder has proved to be successful for the manufacture of the specimen. It has to be taken care that when cutting the specimen a clean cutting edge will be obtained. It turned out that stamping out the test specimen will lead in case of almost all foams to useless results due to defects in the cutting zones.

Regarding Section 3.3:

Due to tests performed so far, the specimen diameters mentioned in footnote 3 have turned out to be positive in two respects. On one hand, with the aid of a mass m_2 of 50 g with a resonance frequency of 10 Hz, a dynamic modulus of elasticity $E' = 10\,000 \text{ dyn/cm}^2$ can be determined (in case of very soft latex or polyether foams the dynamic modulus is five times higher). On the other hand, regarding the bonding of the specimen, the "h/D" ratio should not be too small, as the conditional equation for the dynamic modulus of elasticity is only valid on condition that the transversal contraction of the specimen is unhindered. Particularly in case of soft/flexible foams it is for reasons of stability not possible to choose a too high "h/D" ratio.

Regarding Section 6:

By changing mass m_2 the dynamic modulus of elasticity can be determined in dependence on the frequency. This is done by choosing different test specimen sizes and load discs m_2 . To calculate the reduced mass m out of mass m_1 and m_2 , m_1 contains apart from the cylindrical mass also the one of the suspension strips and the aluminium disc serving as a sample carrier, m_2 contains apart from the load disc the mass of the second aluminium disc, the suspension strip and the vibration pick-up.

Tests performed on foams so far have shown that the measured modulus of elasticity may depend on the vibration stream and, thus, on the vibration amplitude.

In case of sufficiently small amplitudes (linear range) a dependency of the measured values on the amplitude cannot be observed. So, see that the vibration amplitude is small enough.

Regarding Section 7.2:

Only products can be used as glue that do not partly dissolve the foam samples to be tested. The glue should be applied thin and evenly to the samples.

Regarding Section 7.3:

The dynamic modulus of elasticity measured according to the vibrometer method is determined without preforce.

For insulating layers out of foam plastics according to DIN 18 164 "Foam plastics as insulating material for building construction; dimensions, properties, tests" that are used for floating floors, the dynamic stiffness according to DIN 52 214 "Acoustic testings for buildings, determination of the dynamic stiffness of insulating layers for floating floors" (draft October 1964) is to be determined.

⁶⁾ Becker, G. W.: About the dynamic-elastic behavior of foamed materials. "Acustica" Volume 9 (1959), Page 135

04.01.2005 / cw / ed

TEST SPECIFICATION (ACOUSTICS)

1. APPLICATION

Measurement of the dynamic characteristic values, storage module (E') and loss factor (η) of flexible foams etc.

2. TEST LAYOUT:

For testing the material samples, which should have a topside/underside which is as plane-parallel as possible, are to be subjected to a vertical acceleration (a_0) via a vibration generator (see figure 1).

The acceleration (a_1) resulting on the mass plate, which rests with its entire surface on the test sample, is measured and set into relation with the excitation acceleration (a_0).

In principle, this can be achieved by using the test layout as follows:

- Excitation with controlled sine signal (a_0 =-constant); Recording of the resulting acceleration across the frequency (a_{\dots}) taking into account the hysteresis (frequency error)
- Excitation with "white vibration". Frequency analysis by means of FFT and generating the transfer function ($(a_1/a_0)_{(\eta)}$)

3. TEST CONDITIONS

3.1 EXCITATION

Total level of excitation acceleration: 1 m/S^2 (effective)

3.2 SAMPLE DIMENSIONS:

Length * Width : $50 \text{ mm} * 50 \text{ mm}$

Height: $10 \text{ mm} < h < 25 \text{ mm}$ (with limited exactness $6 \text{ mm} < h < 35 \text{ mm}$)

Permissible height tolerance Δh on a sample: $\Delta h = \pm 5\%$

3.3 COVER MASS

Cover mass $m_d = 50 \text{ g} \pm 4 \text{ g}$ (the cover mass is the sum of the masses of cover plate, acceleration sensor, connecting elements and percentage mass of cables (!))

3.4 CLIMATIC LOAD

Prior to testing the material samples must be stored for 24 hours in standard atmosphere 23/50 according to DIN 50014.

3.5 NUMBER OF MEASUREMENTS:

In order to increase the accuracy of the measurements several measurements are performed on a sample.

After each measurement the sample is turned by 90° in the vertical axis, after the 4th measurement it is turned (upside down!) and again 4 measurements with 90° turn are carried out.

4. TEST ANALYSIS

From the measured resonance curves the following values are determined (see figure 2):

- Resonance frequency f_0
- Resonance width Δf at $f = f_0$ (maximum amplitude 3 dB)

During analysis a disturbed curve (noise-infested, "double resonance", etc.)

is either to be equalized by appropriate means or not be used for the analysis (e.g.

"optical-manual equalization, regression calculation and validity areas in case of computer analysis, etc."). The characteristic values are calculated using the following formula:

LOSS FACTOR: $\eta = \Delta f/f$

STORAGE MODUL: $E' = \frac{f_o^2 * 4 * \pi^2 * m * h}{A}$

f_o : EIGENFREQUENCY OF THE SYSTEM [HZ]

Δf : RESONANCE WIDTH [HZ]

M: MASS OF SAMPLE + COVER MASS [kg]

h : SAMPLE THICKNESS [m]

A: SAMPLE AREA [m²]

For both values the mean value and the standard deviation are calculated across the measuring results of a sample and specified.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.